

## Previsão de leite industrializado no estado do Paraná por meio de modelagem de suavização exponencial de Holt-Winters

### Industrialized milk prediction in Parana's state by the exponential smoothing of Holt-Winters modeling

#### RESUMO

**Thais Pedrozo da Silva**  
[thaispedrozodasilva1@hotmail.com](mailto:thaispedrozodasilva1@hotmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

**Samuel Bellido Rodrigues**  
[samuelb@utfpr.edu.br](mailto:samuelb@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

O artigo apresenta a previsão da demanda do leite industrializado dos laticínios do Paraná, utilizando modelos de suavização exponencial de Holt-Winters, aditivo e multiplicativo, com intuito de mostrar aos gestores, tanto das propriedades rurais, indústrias e estado, a eficácia destes métodos como ferramenta de auxílio na tomada de decisões. As análises foram realizadas utilizando o software livre R para série temporal mensal de 1997 a 2016, com previsões para os 12 meses dos anos de 2017 e 2018, os quais foram comparados de forma trimestral com dados reais. O erro médio percentual foi de 4,54% para o melhor modelo. Com isso, o uso de métodos preditivos permite aos laticínios planejar e adequar suas estruturas para as demandas previstas, aos produtores a possibilidade de uma melhor programação e manejo de seus rebanhos, e ao governo do Estado a possibilidade de adotar medidas que incentivem o investimento de tecnologias no setor, favorecendo a economia como um todo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Planejamento. Séries temporais. Software R.

#### ABSTRACT

The article presents a prediction of the industrialized milk of all Parana's milk industries using exponential smoothing models of Holt-Winters, additive and multiplicative, with the intent of showing to the managers, such as rural properties, industry and state, the efficiency of these methods with the assistance tool in the decision making. The analysis were made using the free software R for the monthly series of 1997 to 2016, with predictions for the 12 months of 2017 and 2018, which of were compared in a quarterly form with real data. The percentual average error was of 4,54% for the best model. With this, the use of predictive methods allows the milk industries to plan and adapt their structures for the forecast predictions, to the producers to better program and manage their herd, and to the government of the State to adopt measurements that encourages the investment to technologies in the sector, supporting the economy as a whole.

**KEYWORDS:** Planning. Time series. R software.

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

A Federação da Agricultura do Estado do Paraná (FAEP) aponta que de 1996 a 2017 a produção leiteira apresentou crescimento de 193%, com produção chegando aos 4,4 bilhões de litros por ano. A produção média por vaca subiu de 1,4 mil para 3 mil litros de leite por ano. Estes resultados foram possíveis devido à melhor remuneração do produtor, o qual pode investir em tecnologias, gerando maior produtividade. Além do maior ganho do produtor, os maiores níveis de produtividade estão atrelados ao melhoramento genético, a formação de cooperativas, as pesquisas desenvolvidas em universidade, e ao clima e solo do estado (ANIBAL, 2019).

A região Sul, segundo a MilkPoint (2018), é a maior produtora de leite do Brasil, tendo dois de seus estados em 2º e 3º lugares no ranking de maiores produtores em 2017, sendo eles Rio Grande do Sul e Paraná, respectivamente. Segundo ainda os mesmos autores, em 2016 o Paraná teve uma redução de 6,1% em sua produção, caindo para a 3ª posição no ranking nacional.

De acordo com a EMATER, Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural, cerca de 86% dos produtores paranaenses são pequenos produtores, com sistema baseado em pastagem, e a maioria das propriedades tem até 50 hectares.

Saber quanto será produzido é fundamental para o planejamento das instalações de industrialização, bem como o planejamento do manejo do rebanho pelos produtores, visto que tal informação permite melhor gestão dos recursos da organização, melhorando a destinação dos investimentos em tecnologias que tragam maiores ganhos de produção, além dos fomentos que podem ser realizados pelo governo do Estado, visando, por exemplo, políticas públicas de crédito, de seguro, de garantia de preços, entre outros, que estimulem investimentos pelo produtores. Para esse fim, a previsão de demanda é uma excelente ferramenta, uma vez conhecendo o comportamento futuro, o planejamento e a tomada de decisões tornam-se mais assertivos, trazendo maiores ganhos em todos os elos dessa cadeia produtiva.

As previsões baseiam-se na observação do passado, no qual as variáveis seguem um determinado padrão de comportamento, a ideia da previsão é que este comportamento irá se repetir futuramente. Dentre os métodos de previsão, as suavizações possuem larga aplicação, uma vez que permitem tratar das flutuações na série temporal, tendo como vantagem a sua simplicidade, baixo custo e razoável precisão (TOLOI; MORETTIN, 2006). A associação desses modelos ao uso de softwares livres, gratuitos e com pacotes prontos, como é o caso do software R, tornam o planejamento, por meio de previsões, acessíveis a um número ainda maior de produtores e laticínios (RITTER; THEY, 2019).

Nas suavizações exponenciais são aplicados pesos desiguais a cada valor da série temporal, e os mesmos decaem exponencialmente da observação mais recente até a mais antiga (JACOB, 2011; TOLOI; MORETTIN, 2006).

Para séries temporais de comportamento mais complexo, que apresentam nível, tendência e sazonalidade, como no caso das séries temporais de leite recomenda-se a utilização do modelo de suavização exponencial de Holt-Winters (SEHW), o qual possui duas modelagens, a aditiva, onde a sazonalidade permanece

constante ao longo do tempo, e a multiplicativa, onde a sazonalidade varia em proporção ao nível da série (JACOBS, 2011).

O R é um software computacional e gráfico livre e grátis, de fácil uso, permitindo a criação de pacotes além dos inclusos e disponíveis para instalação em sua biblioteca (RITTER; THEY, 2019). Dentre seus diversos pacotes, destacamos o pacote *forecast*, o qual permite exibir, modelar e realizar previsões de séries temporais univariadas, sendo a suavização exponencial um dos modelos inclusos neste pacote (HYNDMAN; KHANDAKAR, 2008).

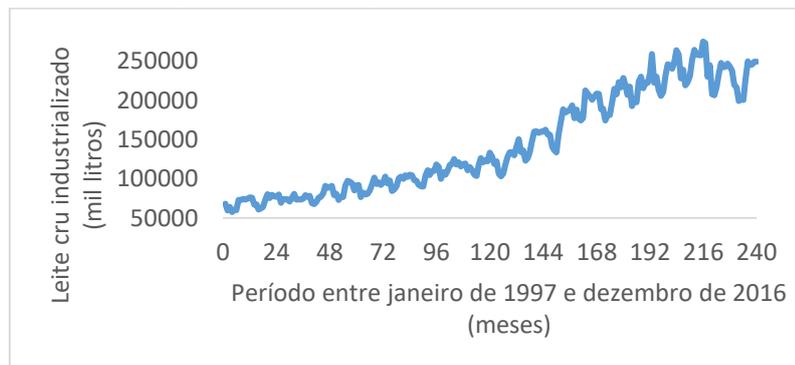
O objetivo deste artigo foi de realizar a previsão de leite cru, resfriado ou não, industrializado no estado do Paraná, por meio do modelo de suavização exponencial de Holt-Winters (SEHW), tanto aditivo quanto multiplicativo, comparando as respostas da modelagem obtida por meio do confronto com dados de 12 meses não utilizados na modelagem. ar o trabalho.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para a obtenção de previsões de leite cru, resfriado ou não, industrializado em todo estado do Paraná, utilizou-se a modelagem de suavização exponencial de Holt-Winters, nos métodos aditivos e multiplicativo, e uso do programa R, na interface RStudio, versão 1.2.1335 ©, auxiliado pelo pacote *forecast*.

As previsões foram realizadas para os anos de 2017 e 2018 utilizando-se da série temporal de dados mensais dos anos de 1997 a 2016 (Centro de Inteligência do Leite), Gráfico 1.

Gráfico 1 – Leite cru, resfriado ou não, industrializado na Paraná entre 1997 e 2016



Fonte: Autoria própria (2019).

Os resultados mensais da previsão foram convertidos em dados trimestrais visando a comparação com dados dos anos de 2017 e 2018, os quais foram obtidos apenas trimestralmente (IBGE).

Os métodos preditivos utilizados referem-se aos de suavização exponencial de Holt-Winters aditivo (SEHWA) e suavização exponencial de Holt-Winters multiplicativo (SEHWM), apresentados por Tolo e Morettin (2006). Além das previsões, calculou-se o erro associados a essas previsões, ao quais são o erro médio absoluto (MAE), a raiz do erro médio quadrático (RMSE) e o erro médio percentual (MAPE).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio das modelagens de Holt-Winters, aditivo e multiplicativo, obteve-se previsões para os anos de 2017 e 2018 (Tabela 1 e Gráfico 2).

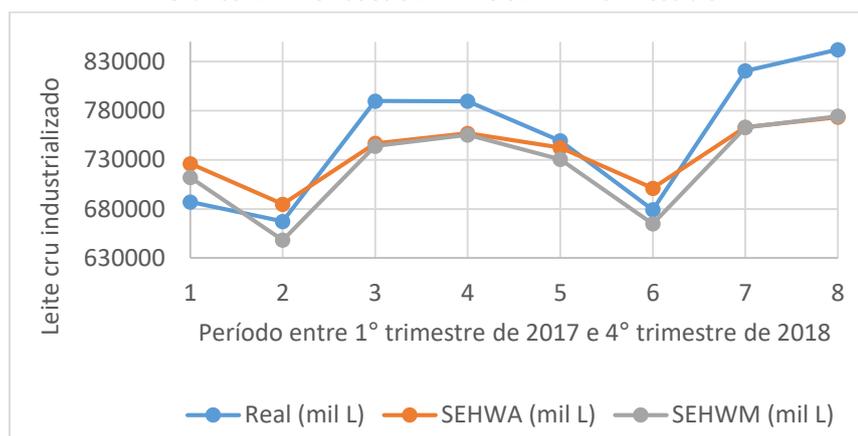
Tabela 1 – Previsões de leite cru industrializado no Paraná e erros das previsões

	Real (mil L)	SEHWA (mil L)	SEHWM (mil L)
1° trimestre 2017	687058	726049	712090
2° trimestre 2017	667218	684778	648228
3° trimestre 2017	789650	746703	743964
4° trimestre 2017	789574	756934	755205
1° trimestre 2018	749302	742330	730431
2° trimestre 2018	679064	701059	664816
3° trimestre 2018	820343	762983	762880
4° trimestre 2018	841975	773215	774285

Fonte: Autoria própria (2019).

Os resultados das previsões de ambas modelagens pouco diferem entre si, uma vez que o conjunto de dados apresenta uma tendência crescente positiva até o ano de 2013, e nos anos seguintes estabilizar-se em torno de uma média com crescimento mais sutil. Devido a diferença insignificante entre os resultados de MAPE, 4,65% e 4,54%, das previsões SEHWA e SEHWM respectivamente, ambas opções podem ser escolhidas como modelos satisfatórios para previsões na série estudada.

Gráfico 2 – Previsões SEHWA e SEHWM trimestrais



Fonte: Autoria própria (2019).

No Gráfico 2, assim como na Tabela 1, observa-se que ambas as previsões apresentam resultados muito próximos. Além disso, assim como na série de dados, o comportamento sazonal se repete, uma vez que há decréscimo na produção do primeiro para o segundo trimestre, e posterior ascensão nos terceiro e quarto trimestres, períodos estes, caracterizados pela elevação das temperaturas da saída do inverno, resultando na maior disponibilidade de pastagens para o consumo

animal, o que reflete na redução dos custos associados ao manejo do rebanho dos produtores.

Ao analisar a modelagem da série em relação aos dados, nota-se que para a SEHWM o erro é ligeiramente menor, de 2,93%, enquanto que para a SEHMA foi de 3,56%.

Portanto, para a série temporal de estudo, a previsão utilizando a modelagem Holt-Winters que melhor se adequa é a que utiliza o método multiplicativo, no qual a amplitude do ciclo sazonal varia de modo proporcional ao nível da série.

## CONCLUSÃO

As previsões mostram que as duas modelagens, SEHMA e SEHWM, são muito satisfatórias para a série temporal estudada, podendo ambas serem utilizadas, dado que o MAPE da previsão foi de 4,65% e 4,54%, respectivamente. Assim, como na previsão, a modelagem também apresentou resultados muito satisfatórios, 2,93% e 3,56%, cabendo ressaltar que a modelagem multiplicativa se adequou melhor aos dados. Para trabalhos futuros recomenda-se o uso de técnicas mais robustas, as quais permitam gerar previsões ainda mais precisas, e que permitam a inserção de outras variáveis que influenciem no comportamento das observações.

O programa R fornece uma fácil aplicação dos modelos de suavização, visto que traz consigo pacotes e bibliotecas que facilitam o uso, não necessitando de grandes conhecimentos de programação, e possuindo a grande vantagem de ser um software livre, sendo acessível a qualquer usuário.

Por fim, é necessário aliar os conhecimentos de previsão ao conhecimento da economia no setor, visto que em muitos casos, mesmo com previsões muito satisfatórias, eventos imprevisíveis, como comportamento de outras variáveis que afetam diretamente a produção leiteira, a exemplo do milho, podem influenciar nos custos de produção e preço de venda, prejudicando, principalmente os pequenos produtores, os quais são responsáveis por parcela expressiva da produção paranaense. Desta forma, cabe também ao estado adotar medidas que venham a contribuir nessa atividade primária, como políticas públicas de crédito e garantia de preços. Além do benefício aos produtores, o conhecimento da demanda futura permite aos laticínios e cooperativas adequarem suas estruturas à produção esperada, investindo em maiores tecnologias, permitindo também um maior suporte aos produtores.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimento à Fundação Araucária pela bolsa de Iniciação Científica PIBIC, concedida na realização deste projeto.

## REFERÊNCIAS

ANIBAL, F. Paraná lidera avanço nacional em produção e produtividade. **Boletim informativo**: revista do Sistema FAEP, Curitiba, ano 34, n. 1463, p. 8-13. 2019.

CARVALHO, G. R.; ROCHA, D. T. D. O leite em 2018 e perspectivas para 2019. **Anuário leite Embrapa**. 2019.

CENTRO DE INTELIGÊNCIA DO LEITE. Leite em números: Produção de leite e rebanho – Estados. **Embrapa**. Disponível em: < <http://www.cileite.com.br/content/leite-em-n%C3%BAmoros-produ%C3%A7%C3%A3o> > Acesso: Mai. 2019.

EMATER. Projeto Bovinocultura de Leite. **Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural**. Disponível em: < <http://www.emater.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=68> > Acesso: 06. Ago. 2019.

HYNDMAN, R. J.; KHANDAKAR, Y. Previsão automática de séries temporais: o pacote de previsão para R. **Journal of Statistical Software**. 26 (3), p. 1–22. 2008. Disponível em: < <http://www.jstatsoft.org/article/view/v027i03> > Acesso: 07 Jun. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa trimestral do leite: Séries históricas – Quantidade de leite cru, resfriado ou não, industrializado (mil litros); 1º trimestre 1997 – 4º trimestre 2018. 2019. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9209-pesquisa-trimestral-do-leite.html?edicao=20754&t=series-historicas> > Acesso em: Abr. 2019.

JACOBS, W. **Modelos de suavização exponencial, ARIMA e redes neurais artificiais**: um estudo comparativo para a previsão de demanda de produtos. 2011. 110 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2011.

MILKPOINT MERCADO. *IBGE: produção total de leite cai 0,5% em 2017*. 28 Set. 2018. Disponível em: < <https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/panorama-mercado/ibge-producao-total-de-leite-cai-05-em-2017-210514/> > Acesso: 06 Ago. 2019.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. *Análise de séries temporais*. 2. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2006.

RITTER, Matias do Nascimento; THEY, Ng Haig. Introdução ao software estatístico R. Imbé, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos, Jan. 2019. Disponível em: < <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/188778/001087242.pdf?sequenc e=1&isAllowed=y> >